

**TUGAS AKHIR**  
**STUDI ANGKUTAN SEDIMEN DI HILIR BENDUNG**  
**KARET SUNGAI JENEBERANG**



**OLEH :**  
**RAJIB AHMAD**  
**D111 09 351**

**JURUSAN SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**MAKASSAR**  
**2016**



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

KAMPUS TAMALANREA TELP. (0411) 587 636 FAX. (0411) 580 505 MAKASSAR 90245  
E-mail : sipil.unhas@yahoo.co.id

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : " *Studi Angkutan Sedimen Di Hilir Bendung Karet Sungai Jeneberang.*"

Disusun Oleh :

Nama : Rajib Ahmad

D111 09 351

Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Makassar, 03 Maret 2016

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT.  
NIP. 196703191992032010

Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT.  
Nip. 19641020 1991031002

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil,

Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT  
Nip. 19601231 198609 1 001

# KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan Kasih dan Sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir yang berjudul *“Studi Angkutan Sedimen Di Hilir Bendung Karet Sungai Jeneberang”*. Tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Tugas akhir ini dapat kami selesaikan berkat bantuan, bimbingan dan dukungan dari banyak pihak, sehingga melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak memberikan dukungan, bantuan, dan bimbingan serta saran-saran yang sangat bermanfaat selama proses penulisan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

1. Kedua orang tua tercinta, Syahrudin dan Nuriaty, yang akan selalu menjadi prioritas dalam lantunan do'a serta saudara penulis yang baik dan berbudi luhur Neni, Essen, Uni, Oda, Cullu, Alam, Alif, dan Ayyuk, yang terus menjadi motivasi terbesar penulis untuk menyelesaikan tulisan ini.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT., Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT., selaku dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahannya mulai dari awal hingga selesainya penulisan ini.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT., selaku dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahannya hingga saat ini.
5. Segenap Dosen Pengajar dan Staf Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

6. Rekan Korps Sekum Periode 2012/2013 se-Teknik09 kanda Iman Arman, Deden, Rahmat Salam, Dalang, dan juga kepada ketua-ketua lembaga tinggi Teknik yang membantu kepengurusan kami ucapkan terimakasih.
7. Penulis juga menghaturkan terima kasih kepada teman-teman Mahasiswa Teknik Sipil Unhas, kanda-kanda zenior Teknik Unhas nan Jaya, saudara – saudara angkatan 2009 Teknik Unhas, terkhusus kepada saudara Aca', Amel, Apo Quantum, Arham GIS, Amir, Astycha, Damar Diamond, Anji Pelabuhan, Ansari, Cenne SMS, Ari, Dody Kopi, Elux Corel, Erickun, Farid Land, Hardi Zangar, Holis Teguh, Sofyan Mon, Idham, Mallon, Nou, Mila, Imam Battala, Imran, Intan, Ira Gurit, Yusuf, Juned, Kezar, Leo, Linda, Mawan, Munir, Muslih Penakluk, Naquib is the best, Frau Nita, Novia, Ryan, Ryank, Phae Arrow, Riyal, Pesot Player, Sabri, Safar, Salim, Siauw, Uccang Sablon, Bapakna Syifa, Tama Las, Uppi, Wahyuddin, Wahyu IT, Zyahril Office dan semuanya tanpa terkecuali telah memberikan bantuan, semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini. FORBES UNHAS dan UKM SEPAK TAKRAW UNHAS yang sudah dibekukan. Semoga kita semua selalu ada di jalan yang benar.

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT melimpahkan Rahmat-Nya kepada kita, dan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Makassar, 04 Maret 2016

Penulis

# DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Maksud Dan Tujuan Penelitian .....	2
I.3 Batasan Masalah.....	2
I.4 Metode Penelitian.....	3
I.5 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
II.1 Daerah Aliran Sungai (DAS) .....	5
II.2 Angkutan Sedimen .....	11
II.3 Angkutan sedimen di sungai .....	15
II.4 Angkutan Dasar.....	17
II.5 Sungai.....	30
II.6 Gambaran Umum Hilir Sungai.....	31
II.6.1 Pengertian Hilir Sungai .....	31
II.6.2 Morfologi Hilir Sungai.....	32
II.7 Gambaran Umum Sedimentasi.....	34
II.7.1 Pengertian Sedimen.....	34
II.7.2 Sedimentasi Sungai .....	37
II.7.3 Analisa Karakteristik Sedimentasi .....	40
II.7.4 Analisa Karakteristik Muara Sungai .....	42
BAB III .....	45
METODOLOGI PENELITIAN.....	45
III.1 Umum .....	45
III.3 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	45

III.3.1 Lokasi Penelitian.....	45
III.3.2 Waktu Penelitian.....	46
III.4 Data yang Diperlukan .....	46
III.5 Metode Pengambilan Sampel.....	48
III.6 Alat dan Bahan yang Digunakan .....	51
III.6.1 Alat untuk Pengambilan Data dan Sedimen.....	51
III.6.2 Alat untuk Pengujian Sedimen.....	52
III.7 Pelaksanaan Penelitian.....	53
III.7.1 Pengujian Diameter Sedimen.....	53
III.7.2 Pengujian Berat Jenis Sedimen (Gs).....	54
III.7.3 Pangujian Kadar Sedimen.....	55
BAB IV .....	57
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
IV.1 Perhitungan Berat Jenis Sedimen .....	57
IV.2 Perhitungan Diameter Sedimen .....	58
IV.3 Perhitungan Konsentrasi Sedimen .....	60
IV.4 Perhitungan Kecepatan Aliran Sungai.....	60
IV.5 Simulasi Pola Sebaran Sedimen Menggunakan Aplikasi SMS 8.0 .....	61
BAB V .....	63
KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
V.1 Kesimpulan .....	63
V.2 Saran .....	63
DAFTAR PUSTAKA .....	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema aliran pada saluran terbuka.....	10
Gambar 2.2. Tampang memanjang saluran dengan dasar granular .....	20
Gambar 2.3. Angkutan sedimen pada tampang panjang dengan dasar granular.....	21
Gambar 2.4. Gaya spherical.....	22
Gambar 2.5. Grafik tegangan geser .....	22
Gambar 2.6. Grafik kecepatan kritik.....	22
Gambar 2.7. Diagram Shields untuk gerakan awal butiran .....	23
Gambar 2.8. Ilustrasi gaya-gaya yang bekerja pada butir sedimen.....	27
Gambar 2.9. Diagram Shields untuk diameter butir sedimen .....	28
Gambar 2.1. Sedimentasi pada bagian hilir sungai .....	32
Gambar 2.2. Proses Terjadinya Sedimentasi .....	32
Gambar 2.3. Skema penggolongan angkutan sedimen (Sumule, E.A.,1994) .....	38
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian .....	43
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian.....	44
Gambar 3.3 Sediment Grab .....	46
Gambar 3.4 Sediment Sampler .....	47
Gambar 3.5 Metode pembagian patok .....	47
Gambar 3.6 Current Meter .....	48
Gambar 3.7 Diagram Alir Pengolahan Data .....	54
Gambar 4.1. Grafik Analisa Saringan .....	57
Gambar 4.2 Sebaran Sedimen Setelah 1 jam .....	59
Gambar 4.3 Sebaran Sedimen setelah 24 jam .....	60
Gambar 4.4 Sebaran Sedimen setelah 48 jam .....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.2 Klasifikasi butir sedimen berdasarkan skala Wentworth .....	17
Tabel 2.3 Proses sedimentasi .....	22
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Sedimen .....	56
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan .....	57
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Konsentrasi Sedimen Suspensi .....	59
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran pada muara Sungai Jeneberang .....	59

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Sungai Jeneberang merupakan salah satu sungai besar di Gowa dengan panjang 78.75 km dan luas daerah tangkapannya adalah 760 km<sup>2</sup>. Sungai ini berasal dan mengalir dari bagian timur Gunung Bawakaraeng dan Gunung Lompobattang (Kabupaten Gowa) yang kemudian menuju hilirnya di Selat Makassar (Kec. Barombong). Secara geografis Daerah Pengaliran Sungai (DPS) Jeneberang terletak pada koordinat 05° 10' 00" LS - 05° 26' 00" LS dan 119° 23' 50" BT - 119° 56' 10" BT. Luas wilayah pengaliran sungai Jeneberang sebesar 727 km<sup>2</sup>

Alur sungai jeneberang termasuk alur yang berkelok-kelok (meandering river) dengan belokan tajam terdapat pada ruas hilir. Saat ini kondisi hilir dari sungai jeneberang sangat perlu mendapatkan perhatian. Sama seperti yang sering terjadi pada hilir-hilir sungai, yaitu pendangkalan/penutupan mulut sungai oleh sedimentasi. Sedimen tersebut berasal dari hulu sungai yang terbawa oleh aliran sungai yang menuju ke hilir sungai atau estuari.

Sedimentasi di daerah hilir sungai Jeneberang akan berdampak besar pada pembangunan kota Makassar yang beberapa tahun terakhir dipusatkan di daerah Tanjung (Kec. Tamalate). Lebih jauh lagi, sedimentasi dapat mengakibatkan banjir di daerah muara sungai bila tidak mendapatkan penanganan serius.



Melihat kondisi hilir sungai jeneberang seperti ini, kami merasa perlu untuk mengangkat masalah tersebut kedalam penulisan tugas akhir dengan judul:

**“Studi Angkutan Sedimen di Hilir Bendung Karet Sungai Jeneberang”**

## **I.2 Maksud Dan Tujuan Penelitian**

Maksud dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk menganalisa angkutan sedimen yang terjadi di hilir Bendung Karet Sungai Jeneberang sehingga kita dapat mengatasi permasalahan endapan sedimen agar dapat dijadikan pedoman untuk pembangunan di wilayah hilir Bendung Karet Sungai Jeneberang di masa mendatang.

Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah :

- a. Analisis penyebaran sedimen berdasarkan ukuran butiran.
- b. Menentukan volume angkutan sedimen di hilir Bendung Karet Sungai Jeneberang
- c. Menentukan perubahan penampang sungai Jeneberang di bagian hilir Bendung Karet dengan aplikasi *Surface Water modelling System 8.0 (SMS 8.0)*

## **I.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan pada permasalahan yang ada, maka secara detail penelitian ini dibatasi pada hal – hal sebagai berikut :

- a. Lokasi pengambilan data adalah di hilir Bendung Karet Sungai Jeneberang, Kecamatan Barombong, Kota Makassar

- b. Data sedimen yang diambil adalah sedimen Melayang (*suspended load*) dan sedimen dasar (*bed load*)
- c. Penyebaran sedimen yang terjadi akibat angkutan sedimen dianalisis berdasarkan ukuran  $D_{50}$
- d. Simulasi angkutan sedimen menggunakan aplikasi *SMS 8.0*

## **I.4 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

### **1. Pengumpulan data**

Data yang dikumpulkan dalam penyusunan tugas ini adalah berasal dari lapangan yaitu data sedimen dan data topografi penampang sungai hingga ke muara, sedangkan data Pasang Surut dan data Angin diperoleh dari instansi yang terkait.

### **2. Pengujian Laboratorium**

Data sedimen (sampel) yang diambil dari lapangan kemudian diuji di laboratorium.

### **3. Kajian Literatur**

Pemahaman literatur dengan cara membaca buku-buku, tulisan-tulisan, maupun materi kuliah yang ada hubungannya dengan penulisan ini.

## **I.5 Sistematika Penulisan**

Untuk memberikan gambaran mengenai keseluruhan isi penulisan ini, maka bab – bab yang merupakan pokok-pokok uraian masalah penelitian secara sistematis terdiri dari lima (5) bab sebagai berikut :

## **Bab I. Pendahuluan**

Bab ini merupakan gambaran umum secara sistematis sekaligus pengantar untuk memasuki pembahasan selanjutnya. Gambaran umum tersebut meliputi latar belakang masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan.

## **Bab II. Tinjauan Pustaka**

Bab ini menguraikan tentang tinjauan secara umum mengenai segala hal yang menjadi landasan teori dalam memahami muara sungai, sedimentasi, faktor-faktor yang mempengaruhi angkutan sedimen. Pada bab ini juga dibahas mengenai karakteristik sedimen.

## **Bab III. Metodologi Penelitian**

Pada bab ini diuraikan mengenai proses pelaksanaan penelitian yang meliputi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan penelitian, metode pengambilan data, metode pengujian di laboratorium dan analisis data.

## **Bab IV. Hasil Dan Pembahasan**

Bab ini merupakan inti dari penulisan yang membahas secara rinci mengenai hasil pemeriksaan material sedimen, penentuan jenis sedimen dan penentuan volume angkutan sedimen

## **Bab V. Kesimpulan Dan Saran**

Bab ini merupakan penutup dari tulisan ini yaitu berupa kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian, serta saran-saran dari penulis yang berkaitan dengan penelitian ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Daerah Aliran Sungai (DAS)**

Daerah aliran sungai (DAS) didefinisikan sebagai hamparan wilayah yang dibatasi oleh pembatas topografi (punggung bukit) yang menerima, mengumpulkan air hujan, sedimen, dan unsur hara serta mengalirkannya melalui anak-anak sungai dan keluar pada satu titik (*outlet*) (Dunne dan Leopold, 1978).

DAS dapat dipandang sebagai suatu sistem hidrologi yang dipengaruhi oleh peubah presipitasi (hujan) sebagai masukan ke dalam sistem. Disamping itu DAS mempunyai karakter yang spesifik serta berkaitan erat dengan unsur-unsur utamanya seperti jenis tanah, topografi, geologi, geomorfologi, vegetasi dan tata guna lahan. Karakteristik DAS dalam merespon curah hujan yang jatuh di tempat tersebut dapat memberi pengaruh terhadap besar kecilnya evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, aliran permukaan, kandungan air tanah, dan aliran sungai (Seyhan, 1977). Dalam hal ini air hujan yang jatuh di dalam DAS akan mengalami proses yang dikontrol oleh sistem DAS menjadi aliran permukaan (*surface runoff*), aliran bawah permukaan (*interflow*) dan aliran air bawah tanah (*groundwater flow*). Ketiga jenis aliran tersebut akan mengalir menuju sungai, yang tentunya membawa sedimen dalam air sungai tersebut. Selanjutnya, karena daerah aliran sungai dianggap sebagai sistem, maka perubahan yang terjadi di suatu bagian akan mempengaruhi bagian yang lain dalam DAS (Grigg, 1996).

Konsep daerah aliran sungai merupakan dasar dari semua perencanaan hidrologi. Mengingat DAS yang besar pada dasarnya tersusun dari DAS-DAS kecil,

dan DAS kecil ini juga tersusun dari DAS-DAS yang lebih kecil lagi. Secara umum DAS dapat didefinisikan suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam, seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan, seperti jalan atau tanggul dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (*outlet*). Menurut kamus Webster, DAS adalah suatu daerah yang dibatasi oleh pemisah topografi yang menerima hujan, menampung, menyimpan, dan mengalirkan ke sungai dan seterusnya ke danau atau ke laut (Suripin, 2002).

Sehingga usaha-usaha pengelolaan DAS adalah sebuah bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai suatu unit pengelolaan yang pada dasarnya merupakan usaha-usaha penggunaan sumberdaya alam di suatu DAS secara rasional untuk mencapai tujuan produksi yang optimum dalam waktu yang tidak terbatas sehingga distribusi aliran merata sepanjang tahun (Suripin, 2002).

Pengelolaan DAS merupakan suatu bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai unit pengembangannya. Ada tiga aspek utama yang selalu menjadi perhatian dalam pengelolaan DAS yaitu jumlah air (*water yield*), waktu penyediaan (*water regime*) dan sedimen. DAS dapat dipandang sebagai suatu sistem hidrologi yang dipengaruhi oleh peubah presipitasi (hujan) sebagai masukan ke dalam sistem. Disamping itu DAS mempunyai karakter yang spesifik serta berkaitan erat dengan unsur-unsur utamanya seperti jenis tanah, topografi, geologi, geomorfologi, vegetasi dan tata guna lahan. Karakteristik DAS dalam merespon curah hujan yang jatuh di tempat tersebut dapat memberi pengaruh

terhadap besar kecilnya evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, aliran permukaan, kandungan air tanah, dan aliran sungai (Asdak, 2002).

## 1. Alur Sungai

Suatu alur sungai dapat dibagi menjadi tiga bagian. Tiga bagian itu adalah bagian hulu, tengah dan hilir.

### a. Bagian Hulu

Hulu sungai merupakan daerah konservasi dan juga daerah sumber erosi karena memiliki kemiringan lereng yang besar (lebih besar dari 15%). Alur di bagian hulu ini biasanya mempunyai kecepatan yang lebih besar dari bagian hilir, sehingga saat musim hujan, material hasil erosi yang diangkut tidak saja partikel sedimen yang halus akan tetapi juga pasir, kerikil bahkan batu. Drainase lebih tinggi, dengan kemiringan lereng lebih besar dari 15%, bukan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh pola drainase, dan jenis vegetasi umumnya tegakan hutan. Sementara daerah hilir DAS merupakan daerah pemanfaatan dengan kemiringan lereng kecil (kurang dari 8%), pada beberapa tempat merupakan daerah banjir, pengaturan pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi, dan jenis vegetasi didominasi oleh tanaman pertanian kecuali daerah estuaria yang didominasi hutan gambut/bakau.

### b. Bagian Tengah

Bagian ini merupakan daerah peralihan dari bagian hulu dan hilir. Kemiringan dasar sungai lebih landai sehingga kecepatan aliran relatif lebih kecil dari bagian hulu. Bagian ini merupakan daerah

keseimbangan antara proses erosi dan sedimentasi yang sangat bervariasi dari musim ke musim. DAS bagian tengah merupakan daerah transisi dari kedua karakteristik biogeofisik DAS yang berbeda tersebut di atas. Perubahan tataguna lahan dibagian hulu DAS seperti reboisasi, pembalakan hutan, deforestasi, budidaya yang mengabaikan kaidah-kaidah konservasi akan berdampak pada bagian hilirnya, sehingga DAS bagian hulu mempunyai fungsi perlindungan dari segi tata air. Oleh karena itu yang menjadi fokus perencanaan pengelolaan DAS sering kali DAS bagian hulu, mengingat adanya keterkaitan biofisik melalui daur hidrologi. Pengelolaan DAS merupakan suatu bentuk pengembangan wilayah yang menempatkan DAS sebagai unit pengembangannya. Ada tiga aspek utama yang selalu menjadi perhatian dalam pengelolaan DAS yaitu jumlah air (*water yield*), waktu penyediaan (*water regime*) dan sedimen.

c. Bagian Hilir

Alur sungai di bagian hilir biasanya melalui dataran yang mempunyai kemiringan dasar sungai yang landai sehingga kecepatan alirannya lambat. Keadaan ini menyebabkan beberapa tempat menjadi daerah banjir (genangan) dan memudahkan terbentuknya pengendapan atau sedimen. Endapan yang terbentuk biasanya berupa endapan pasir halus, lumpur, endapan organik, dan jenis endapan lain yang sangat stabil. Bagian hilir dari DAS pada umumnya berupa kawasan budidaya pertanian, tempat pemukiman (perkotaan), dan industri, serta waduk

untuk pembangkit tenaga listrik, perikanan dan lain-lain. Daerah bagian hulu DAS biasanya diperuntukan bagi kawasan resapan air. Dengan demikian keberhasilan pengelolaan DAS bagian hilir adalah tergantung dari keberhasilan pengelolaan kawasan DAS pada bagian hulunya. Kerusakan DAS dapat ditandai oleh perubahan perilaku hidrologi, seperti tingginya frekuensi kejadian banjir (puncak aliran) dan meningkatnya proses erosi dan sedimentasi. Kondisi ini disebabkan belum tepatnya sistem penanganan dan pemanfaatan DAS (Brooks et al, 1989).

## 2. Konsep Dasar Aliran Pada Saluran Terbuka

Aliran air dapat terjadi pada saluran terbuka maupun pada saluran tertutup (*pipe flow*). Pada saluran terbuka, aliran air memiliki suatu permukaan bebas yang dipengaruhi kecepatan, kekentalan, gradien dan geometri saluran. Hal inilah yang biasanya menyebabkan kesulitan dalam memperoleh data yang akurat mengenai aliran pada saluran terbuka. Menurut asalnya, saluran dapat dibedakan menjadi saluran alam (*natural channels*) dan saluran buatan (*artificial channel*). Kondisi aliran dalam saluran terbuka yang rumit berdasarkan kenyataan bahwa kedudukan permukaan bebas cenderung berubah sesuai dengan ruang dan waktu, seperti kedalaman aliran, debit dan kemiringan dasar semuanya saling berhubungan satu sama lain.

Secara skematis, proses pengaliran yang terjadi pada saluran terbuka dapat dilihat pada skema Garis energy, garis yang menyatakan ketinggian dari jumlah



tinggi aliran. Memperlihatkan kemiringan garis energy, kemiringan muka air dan kemiringan dasar saluran pada gambar 2.1 berikut.



**Gambar 2.1. Skema aliran pada saluran terbuka**

Pada gambar 2.1 di atas menjelaskan tekanan yang ditimbulkan oleh air pada setiap penampang saluran stinggi  $y$  di atas dasar saluran. Jumlah energi dalam aliran berdasarkan suatu garis persamaan adalah jumlah tinggi tempat  $z$  diukur dari dasar saluran, tinggi tekanan  $y$  dan kecepatan  $V^2/2g$ , dengan  $V$  adalah kecepatan rata-rata aliran. Energi ini dinyatakan dalam gambar dengan suatu garis derajat energi (*energy grade line*) atau disingkat garis energi (*energy line*). Energi yang hilang ketika pengaliran terjadi dari penampang (1) ke penampang (2) dinyatakan  $hf$ .

Secara umum, persamaan dasar yang dipakai untuk menganalisa debit (Q) aliran pada saluran terbuka yang berlaku untuk suatu penampang saluran dapat dilihat dalam rumus berikut:

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(1)$$

dengan :  $Q = \text{debit (m}^3/\text{dtk)}$

$V = \text{Kecepatan rata-rata (m/dtk)}$

$A = \text{Luas penampang saluran (m}^2/\text{dtk)}$

Untuk menghitung luas penampang saluran, dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$A = b \cdot h \dots\dots\dots(2)$$

Dengan  $A = \text{Luas penampang saluran (m}^2\text{)}$

$b = \text{Lebar saluran (m)}$

$h = \text{Tinggi saluran (m)}$

Untuk kecepatan rata-rata, digunakan rumus:

$$V = Q/(b \cdot h) \dots\dots\dots(3)$$

## II.2 Angkutan Sedimen

### 1. Asal Sedimen

Menurut asalnya, bahan-bahan dalam angkutan sedimen dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

#### a. *Bed material transport*

Merupakan bahan angkutan yang berasal dari dalam tubuh sungai itu sendiri dan ini dapat diangkut dalam bentuk muatan dasar ataupun muatan melayang.

b. *Wash load*

Merupakan bahan angkutan yang berasal dari sumber-sumber diluar tubuh sungai yang tidak ada hubungannya dengan kondisi lokal. Bahan angkutan ini berasal dari hasil erosi di daerah aliran sungainya (DAS). Muatan bilas terdiri dari partikel halus, yaitu lempung (*silt*) dan debu (*dust*) yang terbawa aliran sungai. Lempung dan debu ini hasil dari pelapukan batuan dan tanah daerah aliran sungai. Muatan bilas dapat mempengaruhi viskositas air sungai. Akan tetapi pengaruhnya terhadap perilaku dasar sungai umumnya relatif kecil.

2. Mekanisme Pengangkutan Sedimen

Mekanisme pengangkutan butir-butir tanah yang dibawa dalam aliran air dapat digolongkan menjadi beberapa bagian sebagai berikut :

a. *Wash Load Movement*

Butir-butir tanah yang sangat halus berupa lumpur yang bergerak bersamasama dalam aliran air, konsentrasi sedimen merata di semua bagian pengaliran. Bahan wash load berasal dari pelapukan lapisan permukaan tanah yang menjadi lepas berupa debu-debu halus selama musim kering. Debu halus ini selanjutnya dibawa masuk ke saluran atau sungai baik oleh angin maupun oleh air hujan yang turun pertama pada musim hujan, sehingga jumlah sedimen pada awal musim hujan lebih banyak dibandingkan dengan keadaan yang lain.

b. *Suspended Load Movement*

Butir-butir tanah bergerak melayang dalam aliran air. Gerakan butir-butir tanah ini terus menerus dikompresir oleh gerak turbulensi aliran sehingga butir-butir tanah bergerak melayang di atas saluran. Bahan suspended load terjadi dari pasir halus yang bergerak akibat pengaruh turbulensi aliran, debit, dan kecepatan aliran. Semakin besar debit, maka semakin besar pula angkutan suspended load.

c. Saltation Load Movement

Pergerakan butir-butir tanah yang bergerak dalam aliran air antara pergerakan suspended load dan bed load. Butir-butir tanah bergerak secara terus menerus meloncat-loncat (*skip*) dan melambung (*bounce*) sepanjang saluran tanpa menyentuh dasar saluran. Bahan-bahan saltation load terdiri dari pasir halus sampai dengan pasir kasar.

d. Bed Load Movement

Merupakan angkutan butir-butir tanah berupa pasir kasar (*coarse sand*) yang bergerak secara menggelinding (*rolling*), mendorong dan menggeser (*pushing and sliding*) terus menerus pada dasar aliran yang pergerakannya dipengaruhi oleh adanya gaya seret (*drag force*) aliran yang bekerja di atas butir-butir tanah yang bergerak.

3. Bahan Angkutan Sedimen

Pada umumnya bentuk partikel sedimen dibedakan berdasarkan ukuran butir sedimen.

**Tabel 2.1. Skala ASTM (American Society of Testing Material)**

<b>Jenis</b>	<b>Kisaran Ukuran Butir</b>
Bongkah	> 256 mm
Berangkal	64 – 256 mm
Kerakal	4 – 64 mm
Kerikil	2 – 4 mm
Pasir sangat kasar	1 – 2 mm
Pasir kasar	0,5 – 1 mm
Pasir sedang	0,25 – 0,5 mm
Pasir halus	0,125 – 0,25 mm
Pasir sangat halus	0,063 – 0,125 mm
Lanau	0,0039 – 0,063 mm
Clay / Lempung	< 0,0039 mm

Kemudian diklasifikasikan lebih spesifik berdasarkan skala Wentworth dalam tabel berikut.

**Tabel 2.2. Klasifikasi butir sedimen berdasarkan skala Wentworth**

<b>Skala Wentworth</b>		<b>Diameter partikel</b>		
		<b>phi ( <math>\phi</math> )</b>	<b>mm</b>	<b><math>\mu</math>m</b>
<b>Hatu besar</b>	Sangat besar	- 11	2048	
	Besar	- 10	1024	
	Medium	- 9	512	
	Kecil	- 8	256	
<b>Batu bulat</b>	Besar	- 7	128	
	Kecil	- 6	64	
	Sangat kasar	- 5	32	
<b>Batu kerikil</b>	Kasar	- 4	16	
	Medium	- 3	8	
	Halus	- 2	4	
<b>Granula</b>	Sangat halus	- 1	2	
	Sangat kasar	+ 0	1	1000
<b>Pasir</b>	Kasar	+ 1	1/2	500
	Medium	+ 2	1/4	250
	Halus	+ 3	1/8	125
	Sangat halus	+ 4	1/16	62,5
<b>Lanau</b>	Kasar	+ 5	1/32	31,3
	Medium	+ 6	1/64	15,6
	Halus	+ 7	1/128	7,8
	Sangat halus	+ 8	1/256	3,9
<b>Lempung</b>	Kasar	+ 9	1/256	1,95
	Medium	+ 10	1/1024	0,98
	Halus	+ 11		0,49
	Sangat halus	+ 12	1/4096	0,24
	Koloid			

## II.3 Angkutan sedimen di sungai

Dua sifat yang mempengaruhi media untuk mengangkut partikel sedimen adalah berat jenis (*density*) dan kekentalan (*viscosity*) media. Berat jenis media akan mempengaruhi gerakan media, terutama cairan. Sebagai contoh air sungai yang bergerak turun karena berat jenis yang langsung berhubungan dengan gravitasi. Sedangkan kekentalan akan berpengaruh pada kemampuan media untuk mengalir. Berdasarkan pada jenis sedimen dan ukuran partikel-partikel tanah serta komposisi mineral dan bahan induk yang menyusunnya dikenal bermacam sedimen seperti pasir, liat, dan lain sebagainya. Tergantung dari ukuran partikelnya, sedimen ditemukan terlarut dalam sungai atau disebut muatan sedimen (*suspended sediment*) dan merayap (*bed load*).

### 1. Muatan Dasar (*Bed Load Transport*)

Muatan dasar (*bed load*) adalah partikel yang bergerak pada dasar sungai dengan cara berguling, meluncur dan meloncat. Muatan dasar keadaanya selalu bergerak, oleh sebab itu pada sepanjang aliran dasar sungai selalu terjadi proses degradasi dan aggradasi yang disebut sebagai “alterasi dasar sungai”.

Beberapa formulasi untuk menghitung jumlah transportasi muatan dasar telah dikembangkan oleh beberapa peneliti dari tahun ke tahun. Formula muatan dasar ini didasarkan pada prinsip bahwa kapasitas aliran sediment transport sepanjang dasar bervariasi secara langsung dengan perbedaan antara *shear stress*

pada partikel dasar dan *shear stress* (tegangan geser) kritis yang diijinkan untuk partikel yang bergerak.

## 2. Sedimen Layang (*Suspended Load*)

Partikel sedimen dikatakan bergerak secara melayang (*suspended load*) bilamana partikel tersebut bergerak tanpa menyentuh dasar saluran. Karena adanya pengaruh gaya berat, partikel-partikel tersebut cenderung untuk mengendap. Kecenderungan untuk mengendap ini akan dilawan oleh gerakan partikel zat cair, yaitu komponen fluktuasi kecepatan dari aliran turbulen. Dengan kata lain kondisi aliran yang ada akan menentukan apakah suatu fraksi sedimen akan bergerak sebagai sedimen suspense atau bukan. Kemudian suatu partikel yang pada suatu kondisi aliran tertentu bergerak secara melayang, pada kondisi aliran yang lain dapat bergerak sebagai angkutan sedimen dasar, demikian pula sebaliknya. Sehingga dapat disimpulkan adanya keterkaitan antara *suspended load* dengan *bed load*, dan antara *bed load* dengan dasar saluran/sungai dimana angkutan terjadi.

Angkutan sedimen melayang sering disertai dengan angkutan sedimen dasar, dan transisi antara dua metode transport tersebut dapat terjadi secara bertahap, sesuai dengan perubahan kondisi aliran. Umumnya aliran sungai keadaannya adalah turbulen, oleh karena itu tenaga gravitasi partikel sedimen dapat ditahan oleh gerakan turbulensi (fluktuasi) aliran dan pusaran arus yang akan membawa partikel sedimen kembali ke atas. Dari uraian ini jelas bahwa angkutan sedimen suspensi dapat dibedakan menjadi tiga keadaan :

- a. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen lebih besar daripada tenaga turbulensi aliran, maka partikel sedimen akan mengendap dan akan terjadi pendangkalan pada dasar sungai.
- b. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen sama dengan tenaga turbulensi aliran, maka akan terjadi keadaan seimbang dan partikel sedimen tersebut tetap konstan terbawa aliran sungai ke arah hilir.
- c. Apabila tenaga gravitasi partikel sedimen lebih kecil daripada tenaga turbulensi aliran, maka dasar sungai akan terkikis dan akan terjadi penggerusan pada dasar sungai.

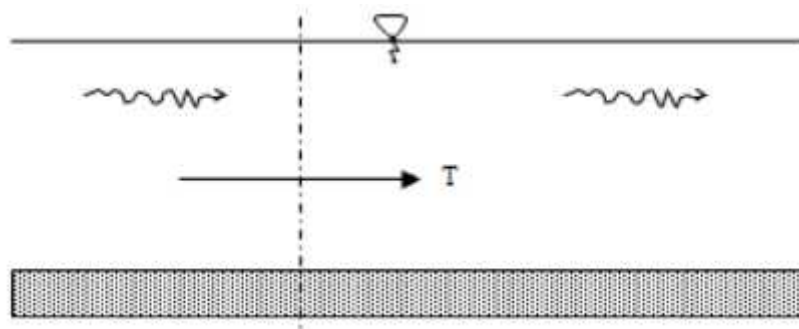
Secara keseluruhan permasalahan muatan sedimen layang sangat rumit. Sifat fisik dari partikel sedimen dan volume sedimennya sangat berbeda-beda dari tempat satu ke tempat lain dan dari waktu ke waktu. Demikian juga tentang turbulensi aliran merupakan variabel yang tidak dapat diukur, akan menambah rumitnya permasalahan muatan sedimen melayang. Suatu sedimen dikatakan melayang apabila gaya angkatnya lebih besar daripada gaya beratnya.

## **II.4 Angkutan Dasar**

Apabila gerakan partikel sedimen dalam keadaan terguling, tergelincir, atau kadang-kadang meloncat sepanjang dasar, hal ini disebut angkutan dasar (*bed load transport*). Pada umumnya, besarnya angkutan dasar pada dasar sungai berkisar 5-25% dari angkutan melayang. (Muhammad Saleh Pallu, 2012). Pendekatan *shield* digunakan dalam memperhitungkan besarnya angkutan sedimen dasar.



Gerakan angkutan sedimen merupakan perpindahan tempat bahan sedimen granular (non kohesif) oleh air yang sedang mengalir searah aliran. Banyaknya angkutan sedimen  $T$  dapat ditentukan dari perpindahan tempat suatu sedimen yang melalui suatu tampang lintang selama periode waktu yang cukup, lihat Gambar 3,  $T$  dinyatakan dalam (berat, massa, volume) tiap satuan waktu.



Gambar 2.2. Tampang memanjang saluran dengan dasar granular

Pada saluran dengan dasar mobile bed (material sedimen non kohesif yang dapat bergerak), akan terjadi interaksi antara aliran dengan dasar. Perubahan aliran dapat menyebabkan terjadinya perubahan konfigurasi dasar (tinggi kekasaran). Jenis/phase dari konfigurasi dasar saluran tergantung dari sifat/jenis aliran dan bahan penyusun material dasar (pasir, kerikil)

$$u = 5,75 u_* \log (12R/k) \dots\dots\dots (8)$$

dengan  $k$  adalah nilai koefisien kekasaran. Nilai koefisien kekasaran selalu diperlukan pada setiap studi saluran terbuka dan umumnya ditetapkan konstan. Besarnya nilai koefisien kekasaran sangat bervariasi, tergantung rumus pendekatannya, dalam hal ini memakai persamaan Prandtl untuk tampang persegi dengan permukaan kasar,

$$\frac{V}{U_*} = 6,25 + 5,75 \log \frac{R}{ks} \dots\dots\dots(9)$$

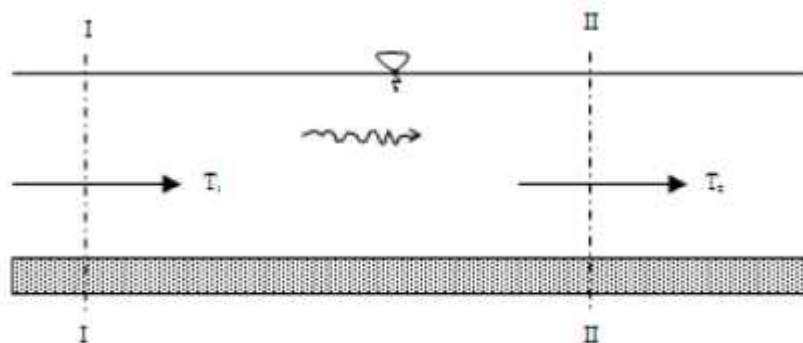
Khusus untuk saluran dengan dasar saluran berupa pasir, nilai ks adalah ekivalen dengan diameter sedimen yaitu :

ks= d65 (Einstein,1950)

ks = d85 (Simons dan Richard, 1966)

ks= d90 (Meyer-Peter,Miiller,1948)

Laju sedimen yang terjadi bisa dalam kondisi seimbang (equilibrium), erosi (erosion), atau pengendapan (deposition), maka dapat ditentukan kuantitas sedimen yang terangkut dalam proses tersebut. Proses sedimentasi di dasar saluran ditunjukkan pada Gambar 4.



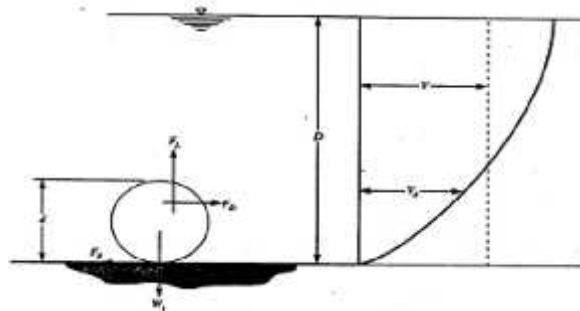
Gambar 2.3. Angkutan sedimen pada tampang panjang dengan dasar granular

Tabel 2.3. Proses sedimentasi

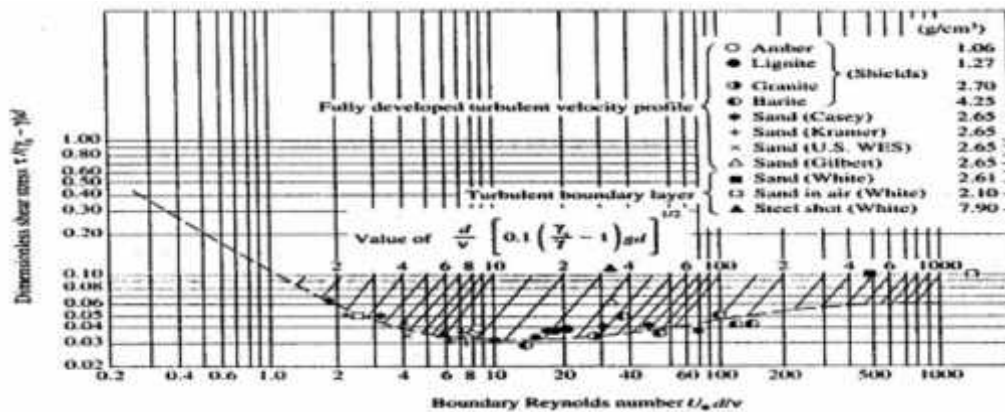
Perbandingan Jumlah T	Proses yang terjadi	
	Sedimen	Dasar
T1 = T2	Seimbang	Stabil
T1 < T2	Erosi	Degradasi
T1 > T2	Pengendapan	Agradasi

Teori permulaan gerak dengan pendekatan tegangan geser menurut Shield, 1936 dapat dilihat pada grafik di Gambar 2a. Secara umum sangat sulit untuk menghitung secara analitik berapa besar gaya-gaya yang bekerja pada partikel

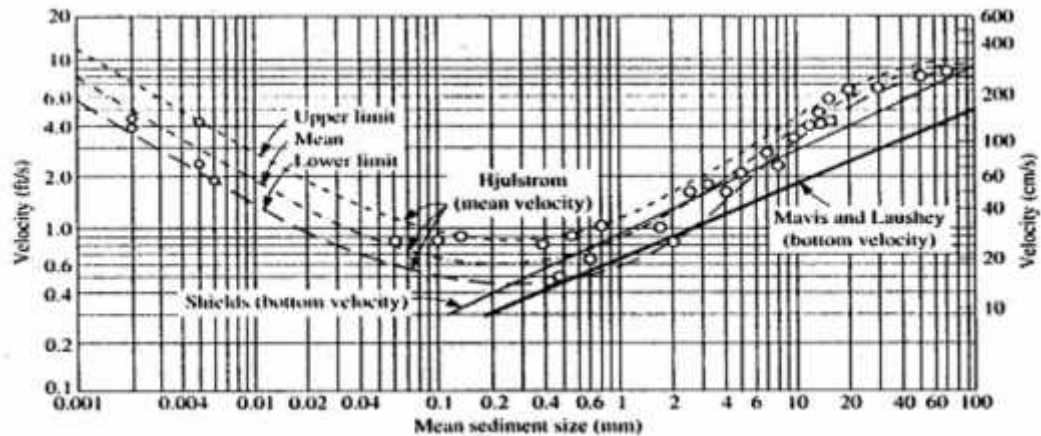
sedimen, sehingga dengan melakukan analisis dimensi dari beberapa parameter sehingga dapat membuat diagram permulaan gerak dengan pendekatan tegangan geser. Faktor yang berpengaruh dalam penetapan permulaan gerakan butir antara lain adalah tegangan geser, perbedaan rapat masa air dengan rapat massa sedimen, diameter partikel, angka kekentalan kinetik dan grafitasi bumi.



Gambar 2.4. Gaya spherical



Gambar 2.5. Grafik tegangan geser



Gambar 2.6. Grafik kecepatan kritis

Dalam studi gerakan awal sedimen, Shields menentukan besarnya angkutan sedimen dasar dengan rumus semi empiris, dapat dilihat dalam persamaan

$$\frac{q_b}{q S} = 10 \frac{\tau - \tau_c}{(\gamma_s - \gamma) d} \dots\dots\dots (10)$$

keterangan :

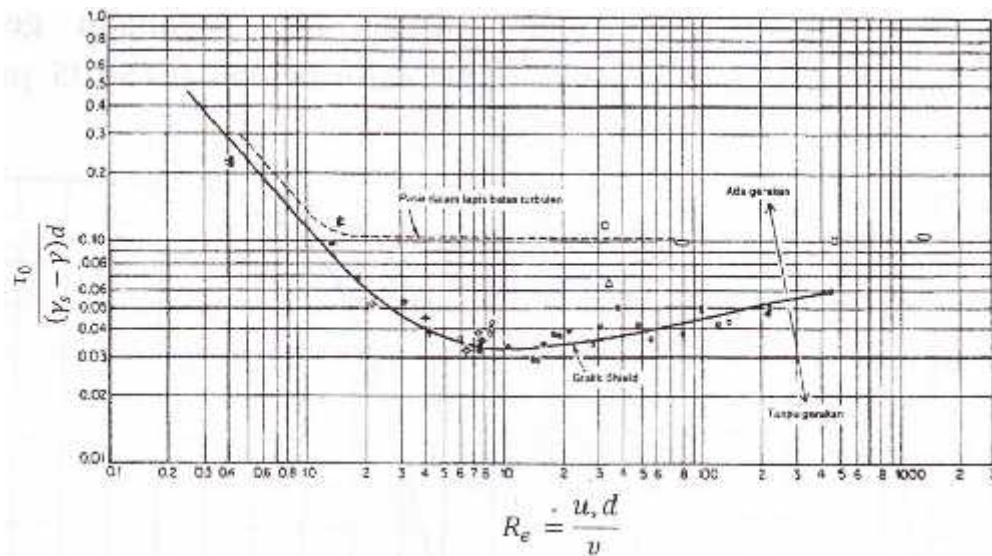
$q_b, q$  = debit angkutan sedimen dasar dan debit air per satuan lebar saluran  
( $m^3/det$ )

$D$  = diameter partikel sedimen (m)

$\tau$  = tegangan geser ( $N/m^2$ )

$\tau_c$  = tegangan kritis, dapat diperoleh dari diagram Shields ( $N/m^2$ )

$\gamma_s, \gamma$  = berat jenis sedimen dan berat jenis air ( $kg/m^3$ )



Gambar 2.7. Diagram *Shields* untuk gerakan awal butiran

Awal gerak butir sedimen sangat penting dalam kaitannya dengan studi tentang transpor sedimen, degradasi dasar sungai, desain saluran stabil dan lain lain. Dalam desain saluran stabil, salah satu metode adalah kemiringan dan dimensi saluran dibuat sedemikian hingga aliran tidak menimbulkan erosi di dasar dan tebing saluran. Karena pergerakan butir sedimen sangat tidak teratur, maka sangat sulit untuk mendefinisikan dengan pasti sifat atau kondisi aliran yang menyebabkan butir sedimen mulai bergerak atau dalam kondisi kritis.

Beberapa pendekatan dalam mendefinisikan awal gerak butir sedimen (dikaitkan dengan kondisi aliran):

- sudah ada satu butir sedimen yang bergerak
- sejumlah butir sedimen sudah bergerak
- butir material dasar secara umum sudah bergerak
- terjadi pergerakan butir sedimen dan awal gerak sedimen adalah situasi saat jumlah transpor sedimen sama dengan nol.

Pendekatan a dan b sangat subyektif, bergantung pada orang yang mengamati pergerakan butir sedimen. Metode ke-3 kurang tepat didefinisikan sebagai awal gerak butir sedimen karena transpor sedimen sudah terjadi di sepanjang dasar saluran. Metode ke-4 barangkali yang dapat dikatakan paling objektif; hanya saja, dibutuhkan pengukuran kuantitas transpor sedimen pada berbagai kondisi aliran yang berbeda untuk selanjutnya dilakukan interpolasi untuk memperoleh kondisi aliran saat kuantitas transpor sedimen sama dengan nol.

Pendekatan teoritis (lihat berbagai literatur tentang transpor sedimen) untuk menentukan awal gerak butir sedimen didasarkan pada pendekatan kecepatan, gaya angkat, dan konsep gaya seret (gesek). Namun mengingat bahwa kondisi alami dari pergerakan butir sedimen sangat tidak teratur (random), maka pendekatan dengan teori probabilitas juga sering digunakan.

1. Pendekatan kecepatan (*competent velocity*)

Ukuran butir material dasar sungai,  $d$ , dihubungkan dengan kecepatan di dekat dasar atau dengan kecepatan rerata yang menyebabkan pergerakan butir sedimen.

2. Pendekatan gaya angkat (*lift force*)

Diasumsikan bahwa pada saat gaya angkat ke atas akibat aliran (*lift force*) sedikit lebih besar daripada berat butir sedimen di dalam air, maka kondisi awal gerak butir sedimen telah dicapai.

3. Pendekatan tegangan geser kritis

Pendekatan ini didasarkan pada konsep bahwa gaya geser yang bekerja pada aliran dianggap paling berperan terhadap pergerakan butir sedimen.

Pendekatan dengan cara lain, diantaranya dengan teori probabilitas.

Akibat adanya aliran air, timbul gaya-gaya aliran yang bekerja pada butir sedimen:

- a. Gaya-gaya tersebut mempunyai kecenderungan untuk menggerakkan/menyeret butir sedimen.
- b. Pada butir sedimen kasar (pasir dan batuan), gaya untuk melawan gaya-gaya aliran tersebut merupakan fungsi berat butir sedimen.
- c. Pada butir sedimen halus yang mengandung fraksi lanau (*silt*) atau lempung (*clay*) yang cenderung bersifat kohesif, gaya untuk melawan gaya-gaya aliran lebih disebabkan oleh gaya kohesi daripada berat butir sedimen.
- d. Kohesi butir sedimen halus merupakan fenomena yang kompleks; pengaruh kohesi bervariasi dan bergantung kandungan mineral.

Dalam Tugas Akhir mengenai pergerakan sedimen ini, yang dibahas adalah **Sedimen Non kohesif**. Pada waktu gaya-gaya aliran (gaya hidrodinamik) yang bekerja pada butir sedimen mencapai suatu nilai tertentu, yaitu apabila gaya sedikit ditambah maka akan menyebabkan butir sedimen bergerak, maka kondisi ini dinamakan sebagai **kondisi kritis**.

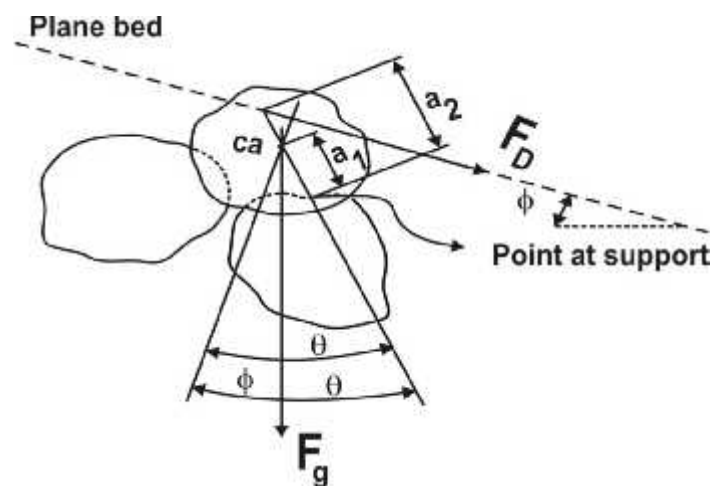
Parameter aliran pada kondisi kritis (tegangan geser dasar,  $\tau_0$ , dan kecepatan aliran,  $U$ , mencapai nilai kritis awal gerak sedimen):

- a. Bila gaya-gaya aliran berada di bawah nilai kritisnya, maka butir sedimen tidak bergerak; dasar saluran dikatakan sebagai *rigid bed*.

- b. Bila gaya aliran melebihi nilai kritisnya, butir sedimen bergerak; dasar saluran dikatakan sebagai dasar bergerak (*movable bed, erodible bed*).

Gaya-gaya yang bekerja pada suatu butir sedimen non-kohefif dalam aliran air:

- Gaya berat (*gravity force*)
- Gaya apung (*buoyancy force*)
- Gaya angkat (*hydrodynamic lift force*)
- Gaya seret (*hydrodynamic drag force*)



Gambar 2.8. Ilustrasi gaya-gaya yang bekerja pada butir sedimen

- $F_D$  : gaya seret
- $F_g$  : gaya berat di dalam air
- $\theta$  : sudut kemiringan dasar
- $\phi$  : sudut gesek (longsor) alam (*angle of repose*)
- $a_1$  : jarak antara pusat berat ( $ca$ ) sampai titik guling (*point of support*)
- $a_2$  : jarak antara pusat gaya seret (*drag*) sampai titik guling



Pada kondisi kritis, butir sedimen hampir bergerak mengguling terhadap titik guling (*point of support*).

- a. Gaya berat (*gravity force*) di dalam air

$$F_G = C_1 (\gamma_s - \gamma) d_s^3 \dots\dots\dots (11)$$

$C_1 d_s^3$  : volume butir sedimen

$d_s$  : diameter signifikan butir sedimen (biasanya ukuran ayakan)

$C_1$  : konstanta untuk konversi volume butir sedimen

- b. Gaya seret (*drag force*)

$$F_d = C_1 \tau_c d_s \dots\dots\dots (12)$$

$C_1 d_s^2$  : luas permukaan efektif butir sedimen yang mengalami tegangan geser kritis

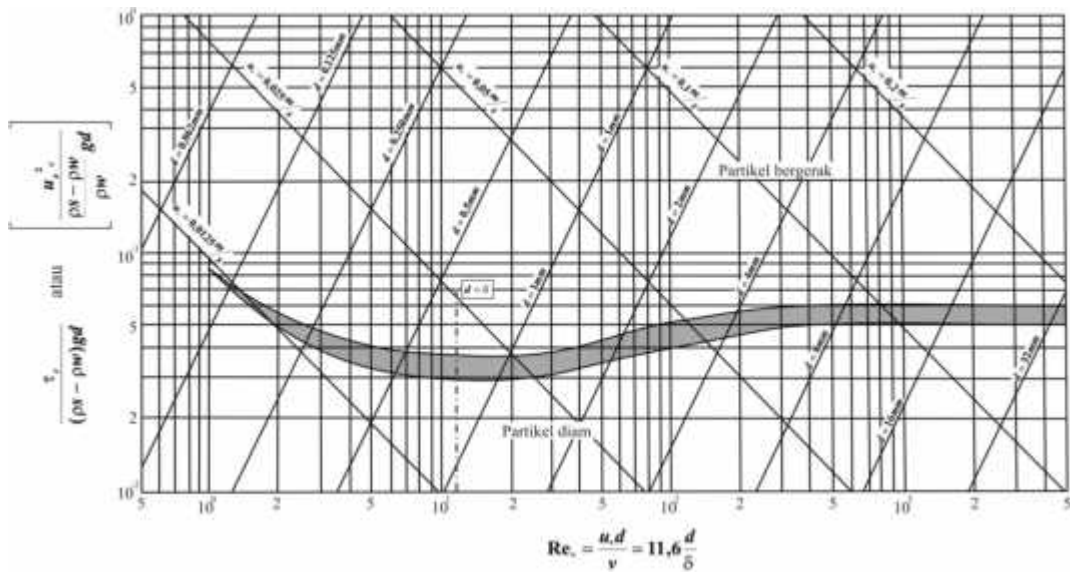
$C_1 \tau_c$  : luas efektif adalah luas proyeksi butir pada bidang yang tegak lurus arah aliran

- c. Pada saat dicapai kondisi kritis

momen gaya berat butir sedimen = momen gaya seret

jarak  $\times$   $F_G$  =  $F_D \times$  jarak

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) d_s} = \frac{\rho u_{*c}^2}{\gamma_s' d_s} = f \left( \frac{u_{*c}^2 d_s}{\nu} \right) = f(Re_*) \dots\dots\dots (13)$$



Gambar 2.9. Diagram *Shields* untuk diameter butir sedimen

## II.5 Sungai

Sungai adalah bagian dari permukaan bumi yang lebih rendah dari daerah di sekitarnya. Sehingga menjadi tempat aliran air yang dialirkan dari kawasan di sekitarnya. Kawasan yang mengalirkan air ke suatu sungai biasa disebut sebagai Daerah Aliran Sungai (DAS). Dikemukakan oleh Mannan (1978) bahwa DAS adalah suatu wilayah penerima air hujan yang dibatasi oleh punggung bukit atau gunung, dimana semua curah hujan yang jatuh di atasnya akan mengalir di sungai utama dan bermuara ke laut atau danau.

Sungai merupakan saluran drainase yang terbentuk secara alamiah. Akan tetapi disamping fungsinya sebagai saluran drainase dan dengan adanya aliran air di dalamnya, sungai menggerus tanah dasarnya secara terus-menerus sepanjang masa eksistensinya dan terbentuklah lembah-lembah. Pada definisi yang lain alur sungai adalah suatu alur yang panjang

di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan. Bagian yang senantiasa tersentuh air ini disebut aliran air. Dan perpaduan antara alur sungai dan aliran air di dalamnya disebut sungai.

Pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 63 Tahun 1993, sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan.

Bentuk jaringan sungai sangat dipengaruhi oleh kondisi geologi, kondisi muka bumi DAS, dan waktu (sedimentasi, erosi/gerusan, pelapukan permukaan DAS, pergerakan berupa tektonik, vulkanik, longsor lokal dll).

Pada Umumnya sungai memiliki manfaat untuk irigasi pertanian, bahan baku air minum, sebagai saluran pembuangan air hujan dan hasil olahan air limbah, bahkan sebenarnya potensial untuk dijadikan objek wisata sungai.

## **II.6 Gambaran Umum Hilir Sungai**

### **II.6.1 Pengertian Hilir Sungai**

Aliran sungai dimulai dari daerah yang lebih tinggi di kawasan pegunungan atau perbukitan dan berakhir di kawasan pesisir atau tepi pantai. Daerah tempat aliran sungai berawal disebut sebagai **daerah hulu sungai**, dan daerah tempat aliran sungai berakhir disebut sebagai **daerah hilir**. Di antara kedua daerah tersebut terdapat daerah pertengahan yang merupakan daerah transisi. Jadi,

dalam kondisi ideal, daerah aliran sungai dapat dibedakan menjadi kawasan hulu, kawasan hilir dan daerah pertengahan.

Hilir sungai adalah bagian sungai sebelah bawah, dari muara sampai ke sungai. (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 2013).

Hilir sungai adalah suatu wilayah daratan bagian dari DAS yang dicirikan dengan topografi datar sampai landai, merupakan daerah endapan sedimen atau aluvial. (wordpress.com, 2012)

Hilir sungai berfungsi sebagai daerah pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan, dan terkait untuk kebutuhan pertanian, air bersih, serta pengelolaan air limbah.

### **II.6.2 Morfologi Hilir Sungai**

Jika kita mengikuti alur suatu sungai secara lengkap dari atas di bagian hulu, sampai di bawah di bagian hilirnya, maka kita akan melihat bentuk sungai yang berbeda beda dari satu tempat ke tempat yang lain. Walaupun ternyata itu merupakan satu alur sungai yang sama.

Sungai memiliki bentuk-bentuk yang berbeda antara bagian yang satu dengan bagian yang lain. Secara umum, sebuah sungai bisa dibagi menjadi tiga bagian. Bagian atas/ hulu (*Upper*), tengah (*Middle*), dan bawah / hilir (*Lower*). Setiap bagian ini memiliki ciri khas, bentuk, dan aktivitasnya sendiri sendiri.

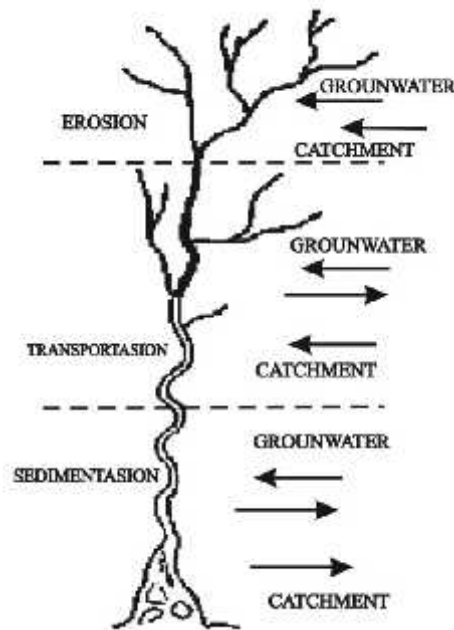
Bagian hilir adalah bagian sungai terakhir, yang akhirnya bagian ini akan mengantar sungai itu ke laut (muara).

Ciri-ciri bagian ini sangat berbeda dari bagian hulu sungai yaitu, lembah sungai disini tidak berbentuk V atau U lagi, tetapi lebih menyerupai huruf U yang lebar, dimana pada daerah ini proses yang dominan pada areal ini adalah sedimentasi. Partikel-partikel hasil erosi di bagian hulu, yang kemudian di transportasi di bagian tengah, akan di endapkan di bagian hilir ini. Hal ini dikarenakan aliran air pada bagian hilir cenderung lambat sehingga proses sedimentasi dapat terjadi lebih cepat dibandingkan pada bagian sungai yang lain yang mempunyai aliran air yang cenderung lebih cepat.



**Gambar. 2.1. Sedimentasi pada bagian hilir sungai**

Berikut proses terjadinya sedimentasi, dimulai dengan proses erosi pada bagian hulu dan tengah sungai, hingga pengendapan/sedimentasi dari hasil erosi tersebut.



**Gambar. 2.2. Proses Terjadinya Sedimentasi**

## **II.7 Gambaran Umum Sedimentasi**

### **II.7.1 Pengertian Sedimen**

Sedimen adalah material atau pecahan dari batuan, mineral dan material organik yang melayang-layang di dalam air, udara, maupun yang dikumpulkan di dasar sungai atau laut oleh pembawa atau perantara alami lainnya.

Beberapa ahli memberikan pengertian yang berbeda tentang sedimen. Menurut (Suripin, 2003 : 343) Sedimentasi merupakan akibat lebih lanjut dari erosi yang terdapat pada daerah yang lebih rendah, terutama pendangkalan mulut kanal. Material erosi yang dibawa aliran air dari hulu, pada saat memasuki daerah/saluran yang ditandai, tidak semuanya mampu hanyut kehilir, sebagian akan terendapkan disepanjang perjalanan disaluran sungai yang dilewati.

Pipkin (1977) menyatakan bahwa sedimen adalah pecahan, mineral, atau material organik yang ditransforkan dari berbagai sumber dan diendapkan oleh media udara, angin, es, atau oleh air dan juga termasuk didalamnya material yang diendapkan dari material yang melayang dalam air atau dalam bentuk larutan kimia. Lalu Pettijohn (1975) mendefinisikan sedimentasi sebagai proses pembentukan sedimen atau batuan sedimen yang diakibatkan oleh pengendapan dari material pembentuk atau asalnya pada suatu tempat yang disebut dengan lingkungan pengendapan berupa sungai, muara, danau, delta, estuaria, laut dangkal sampai laut dalam. Sedangkan Gross (1990) mendefinisikan sedimen laut sebagai akumulasi dari mineral-mineral dan pecahan-pecahan batuan yang bercampur dengan hancuran cangkang dan tulang dari organisme laut serta beberapa partikel lain yang terbentuk lewat proses kimia yang terjadi di laut.

Sedimentasi dapat didefenisikan sebagai pengangkutan, melayangnya (suspensi) atau mengendapnya material fragmentasi oleh air. Atau sedimentasi merupakan pengendapan yang terjadi pada bagian-bagian tertentu pada saluran dengan kondisi aliran dan dasar saluran yang memungkinkannya terjadinya pengendapan tersebut. Sedimentasi biasanya terjadi pada bagian muara. Sedimentasi merupakan akibat adanya erosi dan memberi banyak dampak yaitu :

- a. Di sungai, pengendapan sedimen di dasar sungai yang menyebabkan naiknya dasar sungai, kemudian menyebabkan tingginya permukaan air sehingga mengakibatkan banjir yang menimpa lahan-lahan yang tidak dilindungi (*unprotected land*). Hal tersebut diatas dapat pula mengakibatkan aliran mengering dan mencari aliran baru.

- b. Di saluran, jika saluran irigasi atau saluran pelayaran dialiri oleh air yang penuh sedimen akan terjadi pengendapan sedimen dari dasara saluran dan sudah tentu diperlukan biaya yang cukup besar untuk pengerukan sedimen tersebut. Pada keadaan tertentu pengerukan sedimen menyebabkan terhentinya operasi saluran.
- c. Pengendapan sedimen di waduk-waduk, akan mengurangi volume efektif. Sebagian besar jumlah sedimen yang dialirkan oleh waduk adalah sedimen yang dialirkan oleh sungai-sungai yang mengalir kedalam waduk, hanya sebagian saja yang berasal dari longsor-tebing-tebing waduk atau yang berasal dari gerusan tebing-tebing waduk oleh limpasan permukaan.
- d. Di bendung atau pintu-pintu air, yang menyebabkan kesulitan dalam mengoperasikan pintu-pintu tersebut juga karena pembentukan pulau-pulau pasir (*sand bars*) disebelah hulu bendung atau pintu air akan mengganggu aliran yang melalui bendung dan pintu air. Disisi lain akan terjadi bahaya penggerusan terhadap bagian hilir bangunan, jika beban sedimen disungai tersebut berkurang karena pengendapan dibagian hulu bendung, maka aliran dapat mengangkat material atas sungai.
- e. Di daerah sepanjang sungai, sedimen bergerak didalam sungai sebagai sedimen tersuspensi (*suspended load*) dalam air yang mengalir dan sebagai muatan yang dasar (*bed load*) yang bergeser atau menggelinding sepanjang dasar saluran. Istilah yang ketiga yaitu loncatan (*caltation*), digunakan untuk menjelaskan gerakan partikel yang kelihatannya melenting disepanjang dasar saluran, proses-proses tersebut tidak dapat berdiri sendiri, karena material yang tampak sebagai muatan dasar pada suatu tempat mungkin akan tersuspensi pada tempat lain.



Muatan hanyutan terdiri dari bahan yang hanyut kedalam sungai pada waktu turun hujan dan biasanya berjalan melalui sistemnya tanpa mengendap kembali.

Sedimentasi dapat pula berasal dari erosi yang berasal pada luar sungai. Sedimen tersangkut oleh aliran sungai pada saat debitnya meningkat dari bagian hulu dan kemudian diendapkan pada alur sungai yang landai atau pada ruas sungai yang melebar. Selanjutnya pada saat debitnya mengecil, maka sedimen yang mengendap tersebut secara berangsur-angsur terbawa hanyut lagi dan dasar sungai akan berangsur turun kembali.

Dari beberapa pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa sedimentasi adalah suatu proses pengangkutan, melayangnya atau mengendapnya material fragmental oleh air yang diakibatkan oleh erosi.

### **II.7.2 Sedimentasi Sungai**

Air mengalir diatas sedimen dasar, maka ada gaya yang mendorong butiran, dimana gaya ini cenderung menggerakkan partikel sedimen. Gaya yang menahan akibat aliran air tergantung dari sifat-sifat material. Untuk sedimen kasar seperti pasir dan kerikil, gaya tahanan utamanya adalah berhubungan berat sendiri partikel. Ketika gaya-gaya hidrodinamik bekerja pada partikel-partikel padat bahan dasar saluran tersebut, maka secara bersamaan juga terjadi peningkatan intensitas aliran. Oleh sebab itu, untuk suatu dasar saluran tertentu yang pada mulanya dalam keadaan tidak bergerak, suatu kondisi aliran pada akhirnya akan tercapai manakala partikel-partikel dasar tidak mampu lagi menahan gaya-gaya *hidrodinamis* tersebut

sehingga tercipta suatu kondisi kritis yang mengakibatkan terjadinya gerakan pada dasar (*bed load*) saluran.

Dalam kondisi normal umumnya gerakan-gerakan partikel ini tidak terjadi secara simultan untuk semua partikel dengan ukuran tertentu yang terletak pada lapisan atas. Pada kenyataannya, untuk setiap kondisi hidrolis tertentu, sebagian partikel akan bergerak sedangkan sebagian yang lain tidak bergerak. Hal ini disebabkan oleh sifat *probabilistik* dari pada permasalahan ini, yang secara *implisit* memberikan kenyataan bahwa aliran bersifat turbulen walaupun tidak terjadi secara sempurna.

Pembahasan mengenai teori awal pergerakan sedimen atau yang sering juga disebut kondisi kritis atau penggerusan awal meliputi analisa gaya-gaya yang bekerja pada partikel-partikel sedimen tersebut. Untuk sedimen yang berupa pasir dan kerikil, maka gaya yang menahan pergerakan butiran akibat aliran air ialah gaya berat butiran itu sendiri. Lain halnya dengan partikel yang lebih halus yang berupa lumpur atau tanah liat maka selain gaya berat, maka gaya kohesif juga akan sangat berpengaruh dalam menahan pergerakan butiran sedimen.

Sedimentasi sungai bisa berasal dari erosi garis daerah aliran sungai itu sendiri, dari proses erosi yang diakibatkan oleh kancangnya aliran air pada daerah hulu, yang mengakibatkan proses erosi yang sangat cepat hingga terbawa aliran air dan mengendap pada daerah hilir sungai yang beraliran lambat. Sifat-sifat sedimen adalah sangat penting didalam mempelajari proses erosi dan sedimentasi. Sifat-sifat tersebut adalah ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk,

kecepatan endap, tahanan terhadap erosi, dan sebagainya. Di antara beberapa sifat tersebut, distribusi ukuran butir adalah yang paling penting.

Ada tiga macam angkutan sedimen yang terjadi di dalam alur sungai yaitu:

“*Wash load*” atau sedimen cuci terdiri dari partikel-partikel lanau dan debu yang terbawa masuk ke dalam sungai dan tetap tinggal melayang sampai mencapai laut, atau genangan air lainnya.

Sedimen jenis ini hampir tidak mempengaruhi sifat-sifat sungai, walaupun jumlahnya mungkin yang terbanyak dibanding jenis-jenis lainnya terutama pada saat-saat permulaan musim hujan datang. Jenis sedimen ini berasal dari proses pelapukan (*weathering process*) permukaan tanah DAS yang terutama terjadi pada musim kemarau sebelumnya.

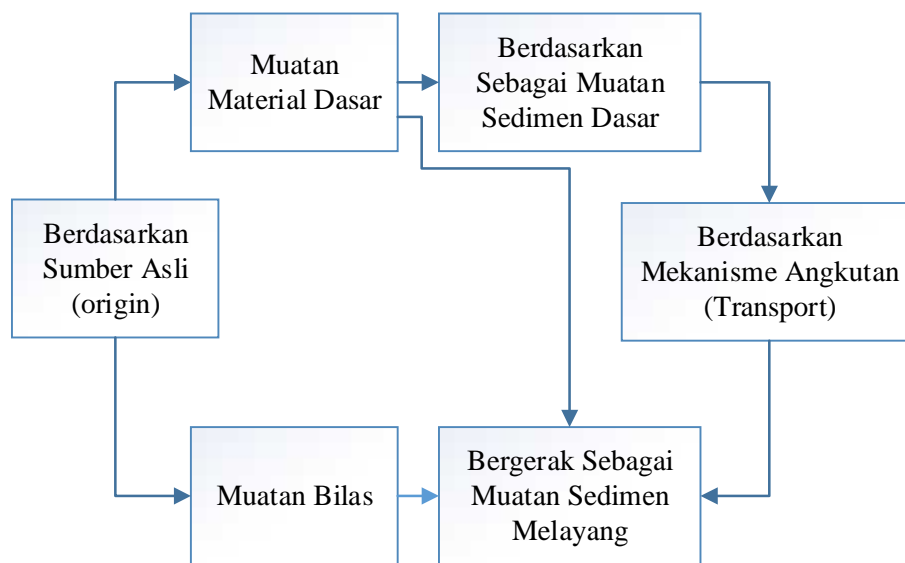
“*Suspended load*” atau sedimen melayang terdiri dari pasir halus yang melayang di dalam aliran karena tersangga oleh turbulensi aliran air. Pengaruhnya terhadap sifat-sifat sungai tidak begitu besar. Tetapi apabila terjadi perubahan kecepatan aliran, jenis ini dapat berubah menjadi angkutan jenis ketiga, yakni angkutan sedimen dasar.

Untuk besar butiran tertentu bila kecepatan punggutnya (*pick up velocity*) dilampaui, material akan melayang. Tetapi apabila kecepatan aliran yang mengangkutnya mengecil di bawah kecepatan punggutnya, material akan tenggelam ke dasar aliran.

“*Bed load*”, type ketiga dari angkutan sedimen adalah angkutan sedimen dasar di mana material dengan besar butiran-butiran yang lebih besar akan bergerak menggelincir, menggelinding pada dasar sungai, gerakannya mencapai ke

kedalaman tertentu dari lapisan dasar sungai. Terjadinya angkutan dasar disebabkan oleh pergerakan sedimen dan pengaliran di dasar sungai dipengaruhi oleh tegangan dasar yang terdiri dari kekasaran dan formasi dasar.

Secara sistematis mekanisme dan penggolongan angkutan sedimen yang didasarkan atas pergerakan dan sumbernya dapat digambarkan sebagai berikut :



**Gambar. 2.3. Skema penggolongan angkutan sedimen (Sumule, E.A.,1994)**

## **II.7.3 Analisa Karakteristik Sedimentasi**

### **II.7.3.1 Pengukuran Karakteristik Sedimen**

Pengukuran karakteristik sedimen dimaksudkan untuk mendapatkan debit sedimen yang dilaksanakan dengan cara mengambil contoh sedimen untuk kemudian dibuat hubungan antara debit air dengan debit sedimen. Data angkutan sedimen sungai sangat bermanfaat untuk menganalisa besarnya penggerusan dan atau pengendapan di alur sungai sedimentasi waduk, untuk kondisi erosi dari suatu daerah pengaliran sungai dan sebagainya.

Hasil sedimen dari suatu daerah pengaliran tertentu dapat ditentukan dengan pengukuran pengangkutan sedimen pada titik kontrol alur sungai, atau dengan menggunakan rumus-rumus empiris atau semi empiris. Kebanyakan rumus-rumus untuk menentukan besarnya pengangkutan sedimen dalam suatu alur sungai telah dikembangkan, baik dengan mengkolerasikan besarnya pengangkutan hasil sedimen yang diukur dengan curah hujan dan sifat-sifat topografi maupun melalui analisis semi teoritis yang menghubungkan sifat-sifat aliran sungai dengan hasil sedimen yang diukur. (Soemartono: 1999: 403).

Hasil sedimen musiman dan tahunan dapat juga ditentukan dari pengukuran terhadap perubahan dasar waduk yang dilewati sungai. Pengukuran secara periodik (tahunan atau musiman) pada penampang-penampang melintang waduk yang telah ditetapkan, bersamaan dengan pengamatan berat jenis bahan endapan akan merupakan perkiraan banyaknya endapan sedimen diwaduk.

#### **II.3.3.2 Perhitungan Debit Sedimen**

Dari hasil pengambilan data di lapangan dan laboratorium, dilakukan pengolahan data untuk mengetahui karakteristik sedimen.

Untuk mendapatkan jumlah sedimen yang lewat pada suatu periode tertentu (*Sediment rate*), maka dilakukan metode dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Metode hubungan debit air ( $Q_w$ ) dengan debit sedimen ( $Q_s$ ). Dimana harga  $Q_s$  dapat diperoleh setelah didapat konsentrasi sedimen ( $C_s$ ) dari hasil contoh sedimen di lapangan yang dianalisa di laboratorium.

- a. Menghitung Konsentrasi Sedimen ( $C_s$ ) dengan rumus sebagai berikut:

$$C_s = \frac{W_s}{W_{total}} \dots\dots\dots (II-1)$$

Keterangan:

$C_s$  = Konsentrasi Sedimen                       $W_{total}$  = Air + Berat kadar lumpur  
 $W_s$  = Berat Kadar Lumpur (gram)                      (gram)

- Perhitungan debit sedimen ( $Q_s$ ) dengan penelitian langsung

Pada perhitungan ini didasari pada nilai debit air ( $Q$ ) pada pengukuran langsung dilokasi yang dihubungkan dengan nilai konsentrasi sedimen yang diperoleh pada hasil penelitian laboratorium. Selanjutnya, pada hasil hubungan ini akan menghasilkan nilai debit sedimen pada muara Sungai Jeneberang. Adapun formula yang digunakan pada perhitungan debit sedimen dengan penelitian langsung yaitu :  $qb = Q \times C_s$  , dimana :

$qb$  = Debit Sedimen ( $m^3/det$ )                       $Q$  = Debit Air ( $m^3/det$ )

$C_s$  = Konsentrasi Sedimen

## II.7.4 Analisa Karakteristik Muara Sungai

### II.7.4.1 Pengukuran Karakteristik Sungai

Pengukuran karakteristik sungai dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh sedimen terhadap karakteristik dari sungai itu sendiri serta sebagai data penunjang dalam menghitung debit sedimen nantinya.

Adapun pada pengukuran karakteristik sungai dilakukan dengan cara survei langsung ke lokasi penelitian dengan mengamati keadaan pada muara sungai berupa kondisi terkini sisi sungai, lebar pada muara sungai, kedalaman sungai,

pengukuran kecepatan aliran, sehingga dari data tersebut diperoleh luas penampang dan profil dari sungai itu sendiri.

#### **II.7.4.2 Perhitungan Debit Sungai**

Debit adalah satuan besaran air yang keluar dari Daerah Aliran Sungai (DAS). Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu (Asdak,2002). Metode penelitian meliputi pengukuran langsung di lapangan. Pengukuran langsung di lapangan meliputi pengukuran lebar, tinggi air, tinggi saluran dan sisi miring.

Debit air sungai merupakan tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur permukaan air sungai ( Mulyana, 2007).

Debit adalah suatu koefesien yang menyatakan banyaknya air yang mengalir dari suatu sumber persatuan waktu, biasanya diukur dalam satuan liter/detik, untuk memenuhi kebutuhan air pengairan, debit air harus lebih cukup untuk disalurkan ke saluran yang telah disiapkan (Dumiary, 1992).

Pengukuran debit dapat dilakukan dengan berbagai macam cara yaitu (Arsyad,1989):

- a. Pengukuran volume air sungai .
- b. Pengukuran debit dengan cara mengukur kecepatan aliran dan menentukan luas penampang melintang sungai.
- c. Pengukuran dengan menggunakan bahan kimia yang dialirkan dalam sungai.
- d. Pengukuran debit dengan membuat bangunan pengukur debit.

Adapun metode pengukuran debit yang digunakan yaitu dengan cara mengukur kecepatan aliran dan menentukan luas penampang melintang dari sungai tersebut. Selanjutnya, dari hasil pengambilan data di lapangan, dilakukan pengolahan data untuk mengetahui besarnya debit air yang melalui muara sungai tersebut.

Untuk mendapatkan nilai debit yang lewat pada suatu periode tertentu, maka dilakukan metode dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(\text{II-15})$$

Dimana :

Q = Debit Aliran (m<sup>3</sup>/detik)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

A = Luas Penampang Sungai (m<sup>2</sup>)



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **III.1 Umum**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey lapangan dan pengujian di laboratorium yang meliputi pengambilan data di lapangan yaitu pengambilan sampel sedimen, pengukuran kecepatan aliran dan topografi lokasi penelitian. Sampel sedimen kemudian diuji di laboratorium.

#### **III.3 Lokasi dan Waktu Penelitian**

##### **III.3.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di hilir bendung Karet, muara sungai Jeneberang, Kecamatan Barombong Kota Makassar provinsi Sulawesi Selatan. Penelitian ini meliputi pengambilan sampel sedimen, pengukuran kuat arus, pengukuran topografi sungai, dan analisis di laboratorium. Pengambilan sampel dan kekuatan arus dilakukan pada hilir bendung meliputi 25 titik.



**Gambar 3.2 Lokasi Penelitian**  
Lokasi ini berbatasan dengan :

Sebelah Utara	:	Kec. Tamalate, Kota Makassar (Benteng Sombaopu)
Sebelah Timur	:	Kec. Tamalate, Kota Makassar
Sebelah Selatan	:	Kec. Barombong, Kota Makassar
Sebelah Barat	:	Selat Makassar

### **III.3.2 Waktu Penelitian**

Penelitian ini berlangsung selama 2 minggu, yaitu pada bulan Februari tahun 2015.

### **III.4 Data yang Diperlukan**

Adapun data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

- Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung oleh peneliti dari lokasi penelitian, data primer berupa data dari sedimen yang dan data debit aliran dari sungai itu sendiri. Adapun data-data yang dimaksudkan meliputi :

a. Data Sedimen

Data sedimen merupakan data yang nantinya akan menjadi sampel pada pengujian Laboratorium untuk pemeriksaan karakteristik sedimen. Dimana, sampel sedimen ini diambil langsung pada titik pengambilan sampel yang sudah ditentukan. Adapun pemeriksaan karakteristik sedimen meliputi berat jenis sedimen, dan diameter sedimen.

b. Data Debit Aliran

Data ini berupa data dari hasil pengukuran kecepatan aliran yang diperoleh dari pengukuran langsung di lokasi penelitian yang selanjutnya dibuat hubungan dengan luas penampang sungai hingga diperoleh nilai debit air. Adapun yang termasuk kedalam data tersebut berupa data lebar dan kedalaman sungai yang nantinya akan digunakan untuk memperoleh profil dan luas dari penampang sungai.

- Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang berhubungan dengan penelitian yang kita lakukan. Pengambilan/pengumpulan data sekunder dapat diperoleh berdasarkan acuan dan literatur yang berhubungan dengan materi, karya tulis ilmiah yang berhubungan dengan penelitian atau

dengan mendatangi instansi terkait untuk mengambil data - data yang diperlukan. Adapun data-data yang diperlukan meliputi data debit aliran, data kemiringan dasar sungai serta peta lokasi penelitian. Data diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pompengan-Jeneberang.

### III.5 Metode Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengambilan sampel secara langsung pada muara Sungai Jeneberang. Yang meliputi:

- a. Pengambilan Sampel Sedimen
  - Sampel Sedimen Tenggelam (*bed load*)

Metode yang dilakukan pada pengambilan sampel sedimen yaitu dengan menggunakan alat *Sediment Grab* pada titik yang telah ditentukan turun langsung ke muara Sungai Jeneberang dan mengambil sedimen yang mengendap pada dasar muara sungai. Sedimen yang di ambil di lokasi adalah sedimen asli yang mengendap pada dasar muara sungai.



**Gambar 3.3 Sediment Grab**

- Sampel Sedimen Melayang (*suspended load*)

Metode yang digunakan yaitu dengan menggunakan alat *Sediment Sampler* pada titik yang telah ditentukan. Sedimen yang diambil adalah sedimen yang berada pada kedalaman 0,5h.



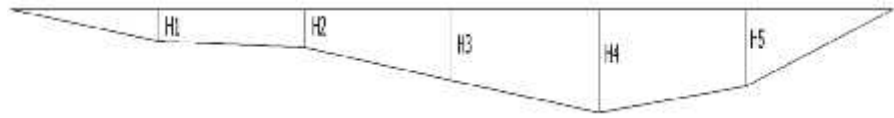
**Gambar 3.4 Sediment Sampler**

b. Pengukuran Topografi Muara Sungai Jeneberang

Pengukuran topografi sungai muara sungai jeneberang dilakukan dengan menggunakan alat *digital theodolit*.

Prosedur-prosedur yang dilakukan pada saat pengukuran yaitu :

1. Mengukur dimensi sungai, berupa pengukuran lebar penampang sungai.
2. Memasang tali yang telah dibagi menjadi 6 ruas untuk lebar permukaan air yang telah di tandai dengan jarak masing-masing antar ruas yaitu  $L/6$ .



**Gambar 3.5 Metode pembagian patok**

3. Membentangkan tali tersebut tegak lurus dengan arah aliran sungai.
4. Mencatat kedalaman pada tiap titik pengukuran.

c. Pengukuran Kecepatan Aliran

Pada pengukuran kecepatan aliran pada muara sungai tersebut menggunakan alat *current meter*, dengan metode pelaksanaan sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat ukur kecepatan aliran (*current meter*).



**Gambar 3.6 Current Meter**

2. Selanjutnya alat *current meter* diturunkan kedalam air, usahakan posisi badan tidak menghalangi arus dibelakang *current meter* .
3. Selanjutnya nyalakan alat *current meter* dan baca nilai kecepatan aliran pada dial alat *current meter*. Pengukuran kecepatan untuk titik H1 dan

H5 pada 0,6h (0,6 dari kedalaman titik), sengan pada titik H2,H3 dan

H4 diukur pada 0,2h dan 0,8h (0,2 dan 0,8 dari kedalaman titik).

Mencatat hasil pengukuran *current meter* pada tiap titik pengukuran.

### **III.6 Alat dan Bahan yang Digunakan**

#### **III.6.1 Alat untuk Pengambilan Data dan Sedimen**

Adapun alat - alat yang digunakan dalam penelitian yaitu :

a. GPS (*Global Position System*)

Alat ini digunakan untuk menentukan koordinat awal pengukuran topografi dan titik pengambilan sampel.

b. Theodolite Digital

Theodolite digunakan sebagai alat untuk mengukur topografi, sehingga didapatkan peta kontur lokasi penelitian.

c. Statif

Statif adalah alat yang digunakan sebagai tempat berdiri alat ukur Theodolit.

d. Rambu Ukur (bak ukur)

Digunakan sebagai target alat ukur theodolite untuk mengetahui beda tinggi muka tanah.

e. Sediment Grab

Yakni alat yang digunakan untuk mengambil sedimen di dasar sungai.

f. Sediment Sampler

Adalah alat untuk mengambil sampel sedimen melayang.

- g. Digital Current Meter

Current Meter adalah alat pengukur kecepatan aliran air.

- h. Perahu

Digunakan pada saat pengambilan sampel dan pengukuran kecepatan aliran.

### **III.6.2 Alat untuk Pengujian Sedimen**

#### **III.6.2.1 Analisa Saringan**

- a. Saringan, digunakan untuk memisahkan sample berdasarkan ukuran terdiri dari saringan nomor #4, #10, #18, #40, #60, #100, #200, serta Pan untuk menampung sedimen yang lolos saringan 200
- b. Talam, digunakan untuk menampung sedimen berdasarkan ukuran butirannya
- c. Oven pada pengujian ini digunakan untuk mengeringkan sampel
- d. *Shacker* adalah alat untuk mengguncang saringan secara otomatis

#### **III.6.2.2 Kadar Sedimen**

- a. Talam digunakan sebagai wadah penampungan sedimen
- b. Timbangan digital untuk mengetahui berat sedimen secara teliti
- c. Oven digunakan untuk menghilangkan kadar air sedimen  
suspense



### **III.7 Pelaksanaan Penelitian**

#### **III.7.1 Pengujian Diameter Sedimen**

Diameter sedimen dapat diketahui dengan menggunakan dua metode yaitu dengan metode analisa saringan dan hidrometer. Untuk pengujian sampel sedimen yang telah kami siapkan adalah pengujian analisa saringan. Karena sampel terdiri dari batu kecil dan pasir. Dimana pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui ukuran butir dan susunan butir (gradasi) sedimen yang tertahan saringan no. 200.

Adapun langkah-langkah pengujian analisa saringan yaitu :

1. Siapkan sampel kering oven sebanyak 500 gram, yang lolos saringan No. 4.
2. Bersihkan masing-masing saringan #4, #10, #18, #40, #60, #100, #200, dan pan yang akan digunakan, lalu timbang masing-masing saringan tersebut dan susun sesuai standard yang dipakai.
3. Masukkan sampel kedalam susunan saringan tersebut.
4. Lalu guncangkan saringan selama  $\pm 15$  menit,
5. Setelah dilakukan pengguncangan, biarkan selama 5 menit untuk memberi kesempatan agar debu-debu mengendap.
6. Timbang berat masing-masing saringan beserta benda uji yang tertahan didalamnya, demikian pula halnya dengan pan.
7. Sampel kering oven sebanyak 500 gram, yang lolos saringan No. 4.

8. Bersihkan masing-masing saringan #4, #10, #18, #40, #60, #100, #200, dan pan yang akan digunakan, lalu timbang masing-masing saringan tersebut dan susun sesuai standard yang dipakai.
9. Masukkan sampel kedalam susunan saringan tersebut.
10. Lalu guncangkan saringan selama  $\pm 15$  menit,
11. Setelah dilakukan pengguncangan, biarkan selama 5 menit untuk memberi kesempatan agar debu-debu mengendap.
12. Timbang berat masing-masing saringan beserta benda uji yang tertahan didalamnya, demikian pula halnya dengan pan.

### **III.7.2 Pengujian Berat Jenis Sedimen (Gs)**

Berat jenis adalah perbandingan antara berat butir-butir dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. Berat jenis sedimen ini dapat ditentukan secara akurat di laboratorium. Adapun langkah-langkah pengujian berat jenis sedimen yaitu :

1. Siapkan benda uji yang lolos saringan No. 40, masukkan kedalam oven selama 24 jam.
2. Setelah 24 jam, dikeluarkan dari dalam oven lalu dinginkan.
3. Cuci piknometer kemudian biarkan mengering dalam udara terbuka.
4. Timbang piknometer yang telah kering dalam keadaan kosong.
5. Isi piknometer dengan air sampai batas kalibrasi lalu timbang.

6. Ambil sampel sedimen sekitar 25 gram, masukkan ke dalam piknometer. Pada saat dimasukkan usahakan tidak ada tanah yang tersisa atau tumpah, lalu tambahkan air secukupnya.
7. Keluarkan gelembung-gelembung udara yang terperangkap dalam sampel dengan cara memanaskan piknometer tersebut diatas hot plate.
8. Dinginkan, lalu tambahkan air suling sampai batas kalibrasi. Ulangi berkali-kali sampai tidak terjadi penurunan air pada batas kalibrasi piknometer tersebut.
9. Catat suhunya lalu timbang.

Formula yang digunakan untuk menghitung nilai berat jenis

$$\text{yaitu : } G_s = \frac{\alpha \cdot W_s}{(W_2 + W_s - W_3)} \dots\dots\dots (III-1)$$

Dimana :

$\alpha$  = Faktor Koreksi berdasarkan suhu

$W_s$  = Berat Sedimen (gram)       $W_2$  = Berat Piknometer + Air (gram)

$W_3$  = Berat Piknometer + Air + Sedimen (gram)

### III.7.3 Pangujian Kadar Sedimen

Kadar sedimen ditentukan dari persentase sedimen dalam sampel sedimen melayang. Adapun cara pengujian sampel sedimen melayang adalah sebagai berikut :

1. Siapkan talam kedap air, cuci hingga bersih lalu keringkan dalam oven selama dua jam pada suhu 110°C.
2. Siapkan timbangan digital dengan ketelitian hingga 0.01 gram

3. Sampel dalam botol dikocok hingga sedimen tercampur merata dengan air
4. Timbang talam kering
5. Masukkan sampel ke dalam talam kemudian timbang
6. Sampel dalam talam kemudian dimasukkan ke dalam oven tunggu 24 jam kemudian timbang talam
7. Hitung konsentrasi sedimen dengan rumus

Adapun formula yang digunakan adalah :

$$ws = \frac{W_1}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots (III-2)$$

Dimana :

ws = Kadar sedimen                       $W_1$  = Berat talam + sedimen (gram)

$W_2$  = berat talam + sedimen + air (gram)

8. Lakukan langkah 3. Sampai 7. sebanyak tiga kali pada setiap sampel kemudian hitung kadar sedimen rata-rata.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### IV.1 Perhitungan Berat Jenis Sedimen

Dari hasil pemeriksaan dan perhitungan dengan menggunakan persamaan (III-1) diperoleh nilai berat jenis sedimen ( $G_s$ ) sebagai berikut :

$$G_s = \frac{\alpha \cdot W_s}{(W_2 + W_s - W_3)}$$

Keterangan:

$\alpha$  = Faktor Koreksi berdasarkan suhu (Terlampir)

$W_s$  = Berat Sedimen (gram)

$W_2$  = Berat Piknometer + Air (gram)

$W_3$  = Berat Piknometer + Air + Sedimen (gram)

**Tabel 4.1. Hasil Pengujian Berat Jenis Sedimen**

Nomor Percobaan	I	II
Berat Piknometer, $W_1$ (gram)	45	46
Berat Piknometer + air, $W_2$ (gram)	142,1	144,2
Berat Piknometer + air + tanah, $W_3$ (gram)	158,2	159,6
Berat tanah kering, $W_s$ (gram)	25	25
Temperatur, $^{\circ}\text{C}$	28	28
Faktor koreksi, $\alpha$	0,99267	0,99267
Berat Jenis, $G_s$	2,79	2,59
Berat Jenis Rata-rata, $G_s$	2,69	

$$\begin{aligned} \text{Untuk } G_{s1} &= \frac{\alpha \cdot W_s}{(W_2 + W_s - W_3)} \\ &= \frac{0,99267 \cdot 25}{(142,1 + 25 - 158,2)} \end{aligned}$$

$$= 2,79$$

$$\begin{aligned}\text{Untuk Gs2} &= \frac{\alpha \cdot W_s}{(W_2 + W_5 - W_3)} \\ &= \frac{0,99267 \cdot 25}{(144,2 + 25 - 159,6)} \\ &= 2,59\end{aligned}$$

$$\text{Jadi, Gs} = \frac{2,79 + 2,59}{2} = 2,69$$

Dari nilai berat jenis tersebut diperoleh bahwa, sedimen yang terdapat pada Muara Sungai Jeneberang terdiri atas sedimen jenis pasir berlanau (*silty sand*).

## IV.2 Perhitungan Diameter Sedimen

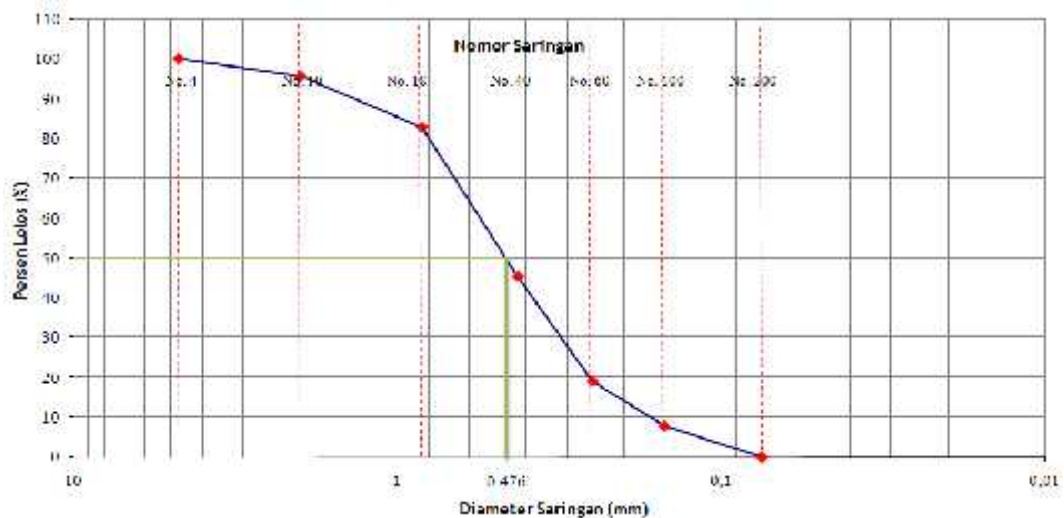
Penentuan diameter sedimen dalam hal ini adalah melalui percobaan analisa saringan yang dilakukan di laboratorium, sehingga dari hasil percobaan tersebut dapat kita peroleh nilai diameter butiran yang seragam atau  $d_{50}$  dari sedimen tersebut. Adapun nilai diameter butiran sedimen ( $d_{50}$ ) yang diperoleh yaitu = 0,476 mm.

**Tabel 4.2. Hasil Pengujian Analisa Saringan**

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4,75	0	0	0	100
10	2	22	22	4,4	95,6
18	0,84	64	86	17,2	82,8
40	0,425	187	273	54,6	45,4
60	0,25	132	405	81	19
100	0,15	56	461	92,2	7,8
200	0,075	39	500	100	0
Pan	-	0	500	100	0

Menghitung  $D_{50}$

$$\begin{array}{rcl}
 45,4 & - & 82,8 \\
 \hline
 45,4 & - & 50 \\
 & & -37,4 \\
 & & \hline
 & & -4,6 \\
 & & \hline
 & & 1,909 \\
 1,909 & + & 15,895 \\
 \hline
 & & 17,804 \\
 & & \hline
 X & = & 0,476 \text{ Mm}
 \end{array}$$



**Gambar 4.1. Grafik Analisa Saringan**

Dari grafik hasil pengujian analisa saringan dapat diketahui bahwa keseluruhan sampel sedimen lolos pada saringan No. 4 (4,75 mm), sedangkan diameter butiran sedimen yang lolos sekitar 50% berada pada saringan No. 18 (0,84 mm) dengan besar butiran sebesar 0,467 mm . Dan nilai persen lolos = 0 berada pada saringan No. 200 (0,075 mm). Sehingga dari hasil pengujian analisa saringan tersebut dapat kita peroleh bahwa sedimen yang terdapat pada muara Sungai Jeneberang berupa pasir dengan ukuran butiran sedang (medium sand).

### IV.3 Perhitungan Konsentrasi Sedimen

Dari pengujian konsentrasi sedimen di laboratorium, diperoleh data konsentrasi sedimen sebagai berikut :

No	Titik	Berat Tinbox (gram)	Berat Sampel+Tinbox (gram)	Berat Tinbox+Sedimen (gram)
1	A1	5.29	53.13	5.4
2	A2	5.39	60.56	5.47
3	A3	5.43	51.25	5.47
4	A4	5.43	46.59	5.51
5	A5	5.42	55.62	5.52

**Tabel 4.3 Hasil Pengujian Konsentrasi Sedimen Suspensi**

Menghitung konsentrasi sedimen dari hasil pengujian di laboratorium.

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi sedimen titik A1} &= \frac{5.4}{53.13} \times 100\% \\ &= 0,1016 \times 100\% = 10\%\end{aligned}$$

### IV.4 Perhitungan Kecepatan Aliran Sungai

Dari pengukuran kecepatan aliran pada muara Sungai Jeneberang diperoleh data-data sebagai berikut :

H	0.30 m	0.8h	0.6h	0.2h	30b
7 M	0.207	0.0259	0.063	0.258	0.0516
4 M	0.246	0.355	0.35	0.361	0.074
3.3 M	0.117	0.215	0.202	0.18	0.111
3.1 M	0.303	0.387	0.452	0.566	0.22
2.3 M	0.539	0.528	0.32	0.479	0.02

**Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran pada muara Sungai Jeneberang**



Sehingga, dari hasil pengukuran diperoleh nilai kecepatan aliran rata-rata

yaitu = 0,265 m/s.

Dari data tersebut dapat dihitung debit sungai Jeneberang yaitu dengan menggunakan rumus  $Q = V \times A$

Dimana  $Q$  = Debit Aliran

$V$  = Kecepatan Aliran

$A$  = Luas penampang melintang sungai

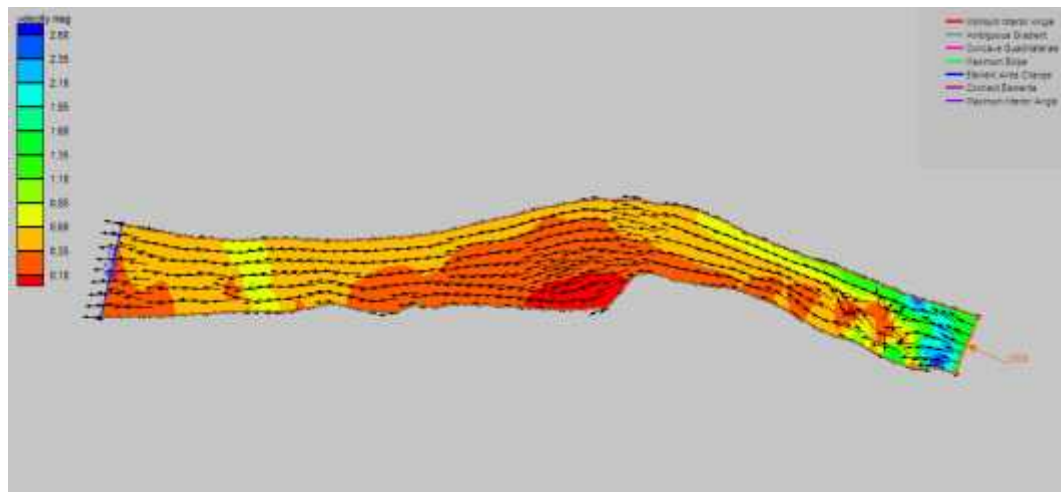
Maka  $Q$  = 0,265 m/s x 2988,684 m<sup>2</sup>  
= 792, 659 m<sup>3</sup>/s

## **IV.5 Simulasi Pola Sebaran Sedimen Menggunakan Aplikasi SMS**

### **8.0**

Dari beberapa data yang telah didapatkan seperti diatas, maka dapat kita simulasikan angkutan sedimen pada Hilir Bendung Karet sungai Jeneberang dengan menggunakan aplikasi *Surface Water Modelling System 8.0 (SMS 8.0)*

Berikut adalah pola dan kecepatan aliran air, serta sebaran sedimen di hilir bendung karet sungai jeneberang.



**Gambar 4.2 Arah dan kecepatan aliran**

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1 Kesimpulan**

- Distribusi ukuran butiran sedimen muara sungai Jeneberang barombong berada pada kisaran 0.225mm yaitu pasir halus sampai ukuran 0.503mm yaitu pasir sedang
- Volume angkutan sedimen rata-rata pada hilir Bendung Karet Sungai Jeneberang adalah sebesar 0,106 kg/m<sup>3</sup>. Konsentrasi sedimen melayang terbesar berdasarkan rumus ada pada titik C1 dan C4 yaitu sebesar 15% dapat disimpulkan sedimentasi terbesar terdapat pada cross section C.
- Dari hasil pengolahan data menggunakan aplikasi Surface Water modelling System 8.0 (SMS 8.0) maka dapat disimpulkan bahwa terjadi pengendapan terbesar pada cross section C4 dan C3
- Menggunakan aplikasi ini untuk simulasi juga bergantung pada seberapa akuratnya data lapangan yang diperoleh

#### **V.2 Saran**

- Untuk pengukuran topografi sungai sebaiknya menggunakan bathimetri agar data yang diperoleh bisa lebih akurat.
- Karena simulasi menggunakan aplikasi tidak dapat mengikuti dinamika sungai, maka untuk hasil yang akurat perhitungan secara langsung hasil pengujian di laboratorium lebih disarankan, namun akan memakan waktu yang lebih lama untuk mendapatkan hasil pengujian sedangkan

menggunakan aplikasi bisa lebih cepat dengan catatan hasil yang didapatkan akan akurat bila ditunjang oleh data yang akurat pula

## DAFTAR PUSTAKA

- Aprianti, E. 2015. *Efektivitas Check Dam Tipe Tertutup Terhadap Variasi Jenis Sedimen*. Tesis. Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar
- Asdak.C, 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. UGM Press :Yogyakarta
- Asdak.C, 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University:Yogyakarta
- Hamdani, H. Y . 2015. *Pengaruh Bangunan Sabo Dam Terhadap Laju Angkutan Sedimen*. Tesis. Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar  
<http://istiarto.staff.ugm.ac.id/docs/transed/TSed03%20Awal%20Gerak%20Butir%20Sedimen.pdf>. Diakses tgl 14 Agustus 2014  
<https://laboseanografi.files.wordpress.com/2012/02/bahan-kuliah-2-new.pdf>. Diakses tgl 3 Juli 2015  
<https://www.scribd.com/doc/38534111/Bab-4-Berat-Jenis>. Diakses tgl 28 Juni 2015
- Pallu, M.S. 2012. *Teori Dasar Angkutan Sedimen Di Dalam Saluran Terbuka*. CV. Telaga Zamzam, Makassar.
- Suripin, 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Penerbit ANDI :Yogyakarta.
- Tim Penyusun Penuntun Praktikum Mekanika Tanah. 2011. *Penuntun Praktikum Mekanika Tanah*. Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Tamalanrea Makassar
- Triatmodjo, B. 1993. *Hidraulika I* Cetakan Ke-13. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2008. *Hidraulika II* Cetakan Ke-7. Beta Offset, Yogyakarta.
- Yahya, A. 2013. *Studi Eksperimental Angkutan Sedimen Dasar pada Saluran Terbuka*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar